Protección de equipos electrónicos contra descargas atmosféricas

Por José Manuel García Hernández y
Marco Antonio Torres Bribiesca

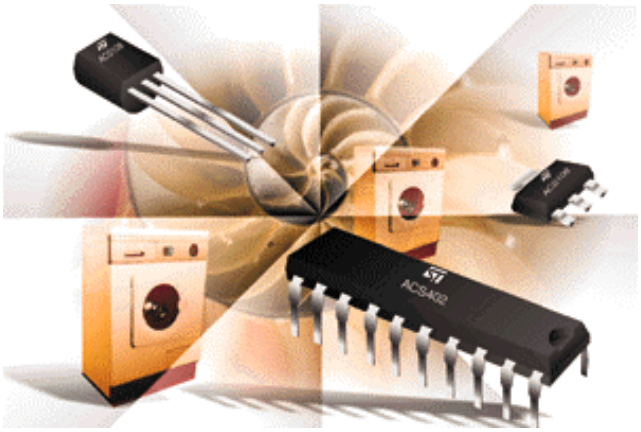

Figura 1.- Los equipos electrónicos que cotidianamente utilizamos, constan en su gran mayoría de "chips" cada vez más complejos y vulnerables.

Normalmente, la calidad de la alimentación eléctrica de nuestros hogares, oficinas, comercios y aún de algunas industrias es un aspecto que nos mantiene sin gran preocupación. Efectivamente, hasta hace algunos años no había que otorgar mayor atención al tipo de señal que alimenta a nuestros aparatos y equipos electrónicos, los cuales eran rudos y escasamente sensibles a variaciones en su línea de alimentación. En la actualidad basta mirar a nuestro alrededor para darse cuenta de la infinidad de equipos electrónicos complejos con que contamos. Esta complejidad de equipos trae consigo un sinfín de comodidades, pero también trae la desventaja de que son equipos extremadamente delicados, con alto grado de integración en los circuitos actuales. Esto los hace particularmente vulnerables a problemas eléctricos que anteriormente pasaban desapercibidos. Por otro lado, los equipos que utilizamos cotidianamente, como las computadoras, son los mismos que perturban la calidad de la energía que alimenta a otros equipos, debido a que los componentes electrónicos utilizados tienen un comportamiento "no lineal" y su funcionamiento introduce alteraciones a su propia línea de alimentación.

Un problema digno de tomarse en cuenta lo constituyen los sobrevoltajes transitorios originados por las maniobras de conexión y desconexión de cargas y por las descargas atmosféricas (rayos). La figura 2 ilustra un caso real de un transitorio ocasionado por la desconexión de un transformador (carga inductiva), en donde se puede apreciar un pico de voltaje de varios ordenes de magnitud más grande que la señal normal.

El encendido de motores y transformadores genera corrientes transitorias, mientras que la desconexión de estas cargas generan sobrevoltajes transitorios. El equipo electromecánico tolera sobrevoltajes transitorios hasta que su aislamiento se daña, pero el

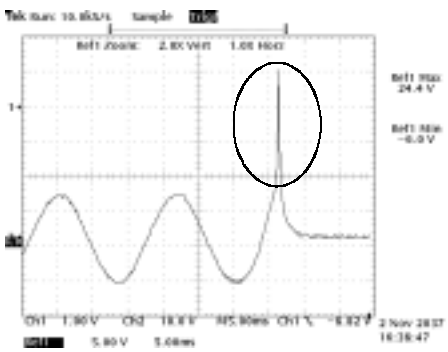

Figura 2.- Sobrevoltaje medido a la entrada de una carga inductiva.

equipo electrónico sensible puede dejar de funcionar o funcionar en forma errónea y más aún, puede dañarse en forma irreversible. Un caso típico es el de una computadora o equipo digital que se "congela" o "bloquea" sin razón aparente.

Los sobrevoltajes transitorios más perjudiciales para el equipo electrónico son los ocasionados por las descargas atmosféricas. Se han realizado mediciones alrededor del mundo de la magnitud de estas descargas y se han encontrado corrientes que van desde 2,000 hasta 200,000 amperes [1].

Figura 3.- Descarga atmosférica

Una descarga atmosférica puede interaccionar con los equipos electrónicos por incidencia directa o mediante la influencia de sus efectos secundarios. Estadísticamente hablando, la primera forma de interacción es menos probable que la segunda y de hecho, los efectos secundarios son los que más daños ocasionan a los equipos. Existen cuatro efectos secundarios que acompañan a una descarga eléctrica [2]:

- Transitorios de corriente que viajan por la tierra.
- Transitorios atmosféricos.
- Pulsos electromagnéticos.
- Cargas eléctricas aisladas.

Antes de dar una breve descripción de cada efecto secundario de una descarga eléctrica, hay que mencionar que ésta es un fenómeno complejo y todavía no muy bien comprendido, aunque la mayoría de las teorías sostienen que se produce debido a la actividad dentro de las nubes, la cual causa la separación de cargas en la misma, desarrollándose cargas eléctricas opuestas entre la parte superior y la base de la nube. El resultado es una batería electrostática con su nivel superior cargado predominantemente positivo y la base cargada predominantemente negativo. La carga acumulada en la base de la nube produce un campo eléctrico intenso entre la propia nube y la superficie de la tierra y el campo electrostático induce una carga positiva en la superficie de la Tierra. Por periodos muy cortos de tiempo, la situación opuesta puede suceder, pero la carga positiva en la superficie de la tierra predomina y los efectos secundarios, independientemente de la polaridad de una descarga son los mismos. Cuando se incrementa la actividad y el campo electrostático alcanza un potencial cercano a 10^{-8} volts, el dieléctrico (aire) se degrada y se comienzan a formar canales conductivos, que van desde la batería electrostática hacia la superficie de la tierra. Si uno de estos canales alcanza la tierra, se produce un "corto circuito" entre la batería y la tierra, a lo que los científicos llaman un "flash" [1]. Comienza entonces el proceso de neutralización de cargas y con ello los efectos secundarios de la descarga... y los problemas con los equipos electrónicos.

Transitorios de corriente que viajan por la tierra.- Estos transitorios son el resultado directo del proceso de neutralización que sigue a la terminación de la descarga. Este proceso se acompaña de movimiento de cargas desde el sitio donde ocurrió la descarga hasta el punto donde se ha neutralizado completamente (final de la descarga). Cualquier conductor enterrado en el camino de este proceso proporcionará una ruta más conductiva desde el punto donde se inició la descarga hasta el fin de la misma. El resultado es un voltaje inducido en dicho conductor, proporcional a la cantidad de carga colectada. Este voltaje se puede detectar en tubos y otros objetos conductores

enterrados y puede provocar "arqueos" desde el suelo hasta una tubería de combustible o a un sistema de tierra, pudiendo inducirse en un sistema de tierra para equipo electrónico y causar inyección de transitorios al mismo [1].

De acuerdo con lo anterior, se concluye la importancia de contar con un buen sistema de tierra física en nuestro laboratorio, que efectivamente brinde una superficie equipotencial a nuestros equipos electrónicos para estar libres de transitorios, ya que si se cuenta con un sistema de tierra formado sólo por algunas varillas independientes, los transitorios pueden inducirse por las mismas.

Transitorios atmosféricos.- También conocidos como pulsos electrostáticos son el resultado directo del campo electrostático variante que acompaña a una tormenta eléctrica. Cualquier conductor suspendido por encima de la superficie de la tierra está inmerso dentro de este campo electrostático y se cargará a un cierto potencial, dependiendo de su altitud. Por ejemplo, una línea telefónica, suspendida 10 metros por encima de la superficie de la tierra e inmersa en el campo electrostático de una tormenta eléctrica común, desarrolla un potencial de entre 100 y 300 kilovolts con respecto a la tierra [1]. Cuando ocurre la descarga, la carga almacenada en el conductor buscará una ruta de descarga hacia tierra por lo que cualquier equipo conectado a esta línea sufrirá las consecuencias.

Pulsos electromagnéticos.- Un pulso electromagnético es el resultado de campos magnéticos y eléctricos transitorios que se forman durante el flujo de corriente en el canal conductivo que produjo una descarga eléctrica. Una corriente que circula a través de un conductor (el canal conductivo) produce un campo magnético. Como esta corriente puede alcanzar cientos de miles de amperes [2], el campo magnético resultante tendrá un valor significativo. El voltaje inducido en cualquier conductor por este campo puede entonces tener una magnitud suficiente para ocasionar daños a equipos sensibles. Aún más, cuando se produce la descarga, el canal conductivo se comporta como una antena gigante que genera pulsos electromagnéticos lo suficientemente grandes para propagarse a grandes distancias [1].

Cargas eléctricas aisladas.- Estas se generan durante el proceso de la descarga cuando un objeto se encuentra aislado de la superficie de la tierra. Bajo estas condiciones, el objeto aislado mantiene la carga después del proceso de neutralización ya que no existe una ruta de descarga dentro de los 20 microsegundos que usualmente se requieren para el proceso de descarga, después de que las vecindades se han descargado. Entonces se producirá un "arqueamiento" entre el objeto aislado y la ruta de descarga más cercana. Este "arqueamiento" puede producir incendios y explosiones en lugares críticos [2].

De lo anterior debe comprenderse que una descarga eléctrica no solamente puede dañar equipos por acción directa, sino que la mayoría de casos suceden debido a los efectos secundarios de la misma. De aquí se desprende la necesidad de utilizar dispositivos que protejan los equipos electrónicos de los transitorios de voltaje provenientes de cualquier fuente, evitando con esto un daño o mal funcionamiento temporal o permanente. Cabe entonces catalogar los equipos electrónicos de acuerdo con las consecuencias que provoca la pérdida de su funcionamiento.

EQUIPO SENSIBLE

Aquel que requiere de un suministro eléctrico de alta calidad, esto es, libre de disturbios. El equipo electrónico es más susceptible a los disturbios que el equipo electromecánico tradicional.

EQUIPO CRÍTICO

Es aquel que al dejar de funcionar o al funcionar inapropiadamente pone en peligro

la seguridad del personal y/o ocasiona grandes perjuicios económicos. Por ejemplo, un paro no programado en un molino de laminación es muy costoso, pero la pérdida de un centro de información en un banco o el mal funcionamiento de los sistemas de diagnóstico en un hospital pueden ser catastróficos.

SUPRESORES DE TRANSITORIOS

Los dispositivos que protegen equipos sensibles y equipos críticos contra los transitorios de voltaje se conocen comúnmente como supresores de transitorios o supresores de picos. La función que desarrollan estos es precisamente recortar el nivel del transitorio, desviándolo hacia tierra en el caso de los supresores tipo paralelo o presentando una impedancia muy alta en el caso de los supresores tipo serie. La utilización de uno u otro depende de las características del equipo y de la magnitud del transitorio. Algunos aspectos a considerar para la instalación de supresores son [4] [5]:

- La vida útil de un supresor de transitorios no es infinita, sino que depende de la incidencia y magnitud de los eventos; para cada tipo de equipo se debe realizar una estimación del tipo de transitorio que sufre, así como su magnitud.
- Es muy importante que el supresor de transitorios esté cerca del equipo a proteger. En caso de que el supresor esté retirado de éste y se presente un transitorio, es posible que éste llegue al equipo sensible. Con el propósito de evitar distancias eléctricas importantes es necesario que los supresores de transitorios se conecten con conductores tan cortos como sea posible, sin lazos, sin trenzados y sin curvas pronunciadas.
- Los supresores de transitorios no realizarán su función si no se instalan en forma adecuada. Por ejemplo, no podrán proteger si no están conectados a un conductor de puesta a tierra, siendo indispensable seguir las instrucciones de instalación del fabricante.
- Se recomienda que se instalen supresores a la entrada de una unidad de energía initerrumpible (UPS, por sus siglas en inglés) y a la entrada de los circuitos asociados de "bypass". En esto hay que hacer énfasis pues se tiene la idea errónea de que una UPS es la solución total a los problemas de calidad de energía.
- La instalación de supresores en las líneas de datos que entran y salen de un edificio es muy importante. Los supresores de líneas de datos deben ser de acuerdo a la línea de datos a proteger; esto es, se requiere de uno especial para un RS-232, de uno especial para "Ethernet" y de uno especial para "Token-Ring"; no son intercambiables.

De las recomendaciones anteriores, el aspecto más importante a recalcar es la utilización de una tierra física adecuada, pues ésta será la ruta de descarga de los sobrevoltajes. Cuando se instalan supresores de transitorios, algunos fabricantes recomiendan conectarlos a una tierra física con una resistencia máxima de 5 ohms. Prácticamente este valor es difícil de lograr, pues la resistencia del sistema de tierra no depende únicamente del conductor de bajada y la varilla enterrada, también depende de las uniones y de la resistividad del terreno, la cual es variable de acuerdo con la estación del año, la humedad y el contenido de minerales. Existen pues muchos factores que limitan la resistencia del sistema de tierra. Adicionalmente, para un buen desempeño de los supresores de transitorios se debe cuidar un parámetro crítico, la impedancia del sistema de tierra, que es predominantemente inductivo, ya que si este parámetro es elevado no se podrá esperar una correcta protección.

Hay que mencionar que paralelamente al desarrollo de supresores eficientes de tran-

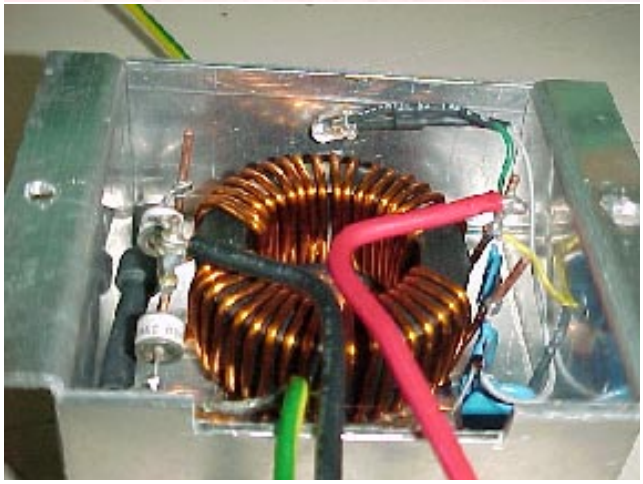

Figura 5 (a) y (b).- Supresores de transitorios desarrollados y probados en el ININ

sitorios, los sistemas de tierra han sido más profundamente estudiados y perfeccionados. Hoy en día se pueden lograr resistencias del sistema de tierra cercanas a un ohm, valor perfectamente aceptable para la instalación de supresores. Podemos decir entonces que existe un compromiso entre los equipos que se desea proteger y el costo de los supresores, el cual involucra también un sistema de tierra un tanto fuera de lo común (La Norma Oficial Mexicana acepta un valor de resistencia de los sistemas de tierra de hasta 25 ohms) [5].

Un sistema de tierra física no es sólo una varilla enterrada, se requiere la interconexión de la estructura del edificio, tuberías y el neutro en un solo punto.

Recomendaciones generales para el cuidado de equipos contra descargas eléctricas

Hay que considerar que la energía de una descarga eléctrica es enorme y aún cuando las cargas sensibles y críticas cuenten con una buena protección, inevitablemente se presentarán daños cuando ocurra una descarga eléctrica directa, ya sea en el sistema de protección o en el equipo mismo. A continuación se mencionan algunas recomendaciones útiles para evitar daños a los equipos electrónicos o personales.

Recomendaciones prácticas

- En lo posible, cuando ocurra una tormenta eléctrica, procure no utilizar equipo electrónico.
- Desconectar completamente del tomacorriente el equipo electrónico durante una tormenta eléctrica.
- Según las estadísticas, la mayor incidencia de descargas eléctricas directas ocurren cuando se utilizan líneas telefónicas durante una tormenta eléctrica. Procure no realizar llamadas telefónicas hasta pasada la tormenta.
- Instalar supresores de transitorios en los equipos sensibles y críticos.
- Instalar un sistema de tierra física confiable.
- Cuando se comparte información entre diferentes edificios utilizando líneas alambradas sin aislamiento óptico, es recomendable durante una tormenta eléctrica, suspender el flujo de información y desconectar los equipos de comunicación. Si una descarga eléctrica incide sobre las líneas de comunicación, existe un alto riesgo de que se presenten costosos daños en ambos lados del canal de comunicación, aún cuando se cuente con supresores de transitorios.
- La norma NEC 2002 recomienda,

Figura 6.- Equipo utilizado para generar transitorios de voltaje en el Laboratorio de Ingeniería Electrónica.

bajo ciertas condiciones, realizar la interconexión de las tierras del pararrayos y la del sistema principal, sin embargo hay que ser cauteloso en este aspecto y solicitar la asesoría de personal calificado.

- Para equipo electrónico que en su manual de instalación recomienda utilizar una "tierra física aislada", NO INSTALAR UNA TIERRA FÍSICA INDEPENDIENTE; el termino "aislado" es otro concepto, por lo que se recomienda solicitar la asesoría de personal calificado.

Aparte de los transitorios de voltaje, existen otros tipos de disturbios eléctricos que ponen en riesgo el buen funcionamiento de las cargas críticas y sensibles. Su estudio y prevención forman parte de una rama de la electricidad, muy de moda y en plena aplicación, llamada "calidad de la energía".

En el área de Electrónica desde algunos años se ha estado trabajando con éxito en el estudio e implementación de supresores de transitorios para la protección de cargas sensibles (figura 5).

En la actualidad, con la donación y préstamo de equipos y componentes especiales de algunas áreas del ININ y de otras entidades (CFE) (figuras 6 y 7), se está implementando un laboratorio de prueba y análisis para el desarrollo y ensayo de supresores de transitorios para equipos críticos. Este labor n en una entidad certificada, capaz de realizar pruebas y desarrollar dispositivos que resuelvan algunos de los problemas que provocan los disturbios eléctricos más comunes y menos considerados en nuestra zona y nuestro país. En esto consiste un laboratorio de "CALIDAD DE LA ENERGÍA".

REFERENCIAS

[1] Roy B. Carpenter, Jr. and Dr. Yinggang Tu, THE SECONDARY EFFECTS OF LIGHTNING ACTIVITY, Lightning Eliminators and Consultants, Inc., Boulder, Colorado, USA.

[2] Roy B. Carpenter, Jr., POSITIVE LIGHTNING PROTECTION FOR EXPLOSIVES HANDLING FACILITIES, Lightning Eliminators and Consultants, Inc. Boulder, Colorado, USA.

[3] IEEE Std 1100-1992, Recommended Practice for Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment, ISBN: 1-55937-231-1.

[4] IEEE C62.41-1991, IEEE Recommended Practice on Surge Voltages in Low-Voltage AC Power Circuits.

[5] NOM-001-SEDE-1999 "Norma Oficial Mexicana – Instalaciones Eléctricas (utilización)" ◈

Figura 7.- Jaula de Faraday del Laboratorio de Pruebas de Supresores de Transitorios de Ingeniería Electrónica